

## ANALISIS SIFAT THERMOELEKTRIK BAHAN DENGAN SISTEM KOPEL

Hendar Sudrajat \*)

### ABSTRACT

*Couple system for the couple of between platinum with gold, silver, nikelin, copper, nichrom, constantan, aluminium, steel, wolfram and tungsten have been checked. From result of best couple systems analysis is platinum couple with steel. Obtained its its his equal to 18,50 V / oc, its coefficient of equal to 0,989 and its coefficient 18,50. The pickings inform that Platinum-steel couple represent best thermocouple materials.*

**Key Words:** couple system, termoelektrik

### PENDAHULUAN

Sifat kelistrikan merupakan ciri khas bahan, karena sifat ini sangat bergantung pada konfigurasi elektron yang dimilikinya. Oleh karena setiap unsur memiliki konfigurasi elektron yang berbeda, maka sifat kelistrikannya pun akan berbeda meskipun dalam beberapa hal mungkin terdapat kesamaan. Hal ini dikarenakan sifat kelistrikan suatu bahan ditentukan oleh kondisi dan tingkah laku elektronnya. Selain itu, sifat kelistrikan bahan secara umum dapat pula digunakan untuk menganalisis sifat-sifat fisis lainnya, yakni pada aspek mekanik, termo, optik dan magnetik.

Termokopel atau disebut juga Termoelemen adalah suatu sistem persambungan dua atau lebih bahan logam tak sejenis, yang pada umumnya akan membangkitkan beda potensial bergantung pada temperatur persambungannya. Besar potensial yang timbul pada persambungan tersebut selain ditentukan oleh temperatur, juga dipengaruhi oleh besar konstanta logam-logam yang digunakan (Sears – Zemansky, 1984)

Konstanta logam termoelemen ditentukan dengan menggunakan bahan platina sebagai acuan standar, yang besar konstantanya ditetapkan

---

\*) Dosen Jurusan Fisika FKIP Universitas Riau

sebesar satu mikrovolt perderajat celsius. Besaran konstanta logam bahan termoelemen pada hakekatnya ditentukan oleh sifat kelistrikan bahannya, yang tidak lain dari perilaku elektron yang dimilikinya.

Analisis sifat kelistrikan bahan dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya dengan menggunakan sifat konduktifitas, permitifitas, dan permeabilitasnya. Sedangkan prinsip analisis yang digunakan dalam tulisan ini adalah dengan prinsip Termokopel atau sistem kopel.

Sistem kopel merupakan simpul persambungan antara dua utas bahan logam tipis, dimana kedua utas bahan logam tersebut memiliki jenis yang berbeda antara satu sama lain. Secara teknis, apa bila dua utas logam tipis yang tidak sejenis disambungkan baik secara langsung maupun dengan zat perantara, maka pada ujung-ujung simpul persambungan tersebut akan timbul beda potensial listrik yang secara langsung dipengaruhi oleh temperatur pada simpul tersebut. Karenanya, sistem kopel semacam ini dapat digunakan sebagai indikator temperatur, atau disebut Termokopel, sedangkan bahan-bahannya disebut Termoelemen.

Secara mikroskopis, lintasan elektron yang dimiliki oleh suatu bahan ditentukan oleh energinya. Dengan demikian, distribusi energi (kalor) pada suatu bahan akan mengakibatkan distribusi elektron tersebut pada level-level tertentu yang diperbolehkan menurut aturan Bohr (Arthur B, 1985). Distribusi elektron ini akan diperkuat pula dengan adanya elektron-elektron bahan lain yang berinteraksi dengannya, seperti halnya pada sistem kopel. Dengan demikian, prinsip termokopel ini secara langsung akan dapat digunakan sebagai jembatan untuk menganalisis elektron-elektron suatu bahan pada orbit terluarnya, yaitu pada daerah Teras dan daerah Valensinya.

Untuk mendapatkan termokopel yang baik perlu di analisis pasangan logam yang digunakan. Variabel yang dianalisis adalah konstanta logam, linieritas termoelektrik dan sensitivitasnya.

### **Konstanta Logam**

Apabila dua utas atau lebih logam tipis dari jenis yang berbeda disambungkan antara satu sama lain pada ujung-ujungnya, maka pada ujung ujung simpul persambungan tersebut akan timbul beda potensial listrik yang bersifat gayut terhadap temperatur (Halliday- David Resnick: 1986). Hal ini diakibatkan oleh distribusi elektron yang berbeda pada setiap jenis logam tersebut. Menurut Jasjfi dan Wood dalam buku (Reitz-Millford, 1961) bentuk persamaannya adalah:

$$E = AT + \frac{1}{2}BT^2 + \frac{1}{3}CT^3 \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

E = Beda Potensial pada persambungan (V)

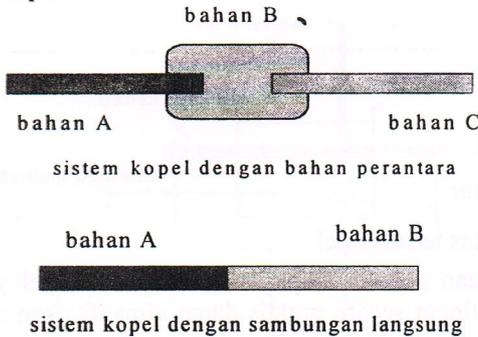
A,B,C = Konstanta Logam bahan kopel

T = Temperatur sambungan ( $^{\circ}$ C)

Untuk sistem kopel pada persambungan langsung, persamaannya menjadi :

$$E = AT + \frac{1}{2}BT^2 \dots\dots\dots (2)$$

Contoh sistem kopel:



Gambar 1 Sistem Kopel

Berdasarkan persamaan (2), untuk mengetahui besar konstanta logam bahan kopel diperlukan bahan kopel standar sebagai pembanding. Karena itu, besaran ini merupakan besaran relatif suatu bahan terhadap bahan lainnya.

**Linieritas Termoelektrik**

Linieritas termoelektrik suatu kopel pada dasarnya menyatakan hubungan antara perubahan temperatur dan beda potensial listrik yang diakibatkannya (Guntur, 1995). Bentuk persamaan matematis dari hubungan ini dinyatakan dengan :

$$V = aT + b \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

V = Beda potensial (V)

a = Slope atau gradien kemiringan ( $V/^{\circ}$ C)

b = Konstanta

T = Temperatur (k)

**Sensitivitas**

Sensitivitas termokopel pada prinsipnya merupakan koefisien kepekaan suatu kopel terhadap perubahan temperaturnya. Semakin besar sensitivitas kopel, semakin baik kualitasnya untuk karakteristik penginderaan temperatur. Sebaliknya semakin kecil sensitivitas kopel merupakan bahan piranti yang buruk untuk penginderaan temperatur (Guntur,1995). Secara matematis, sensitivitas suatu sistem kopel dinyatakan sebagai:

$$\tau = \frac{\partial V}{\partial T} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

V = Potensial

T = Temperatur

$\tau$  = Sensitivitas termokopel.

Dari persamaan diatas, tampak bahwa bahan kopel yang memiliki sensitivitas yang tinggi secara praktis dapat dimanfaatkan sebagai sensor temperatur yang baik.

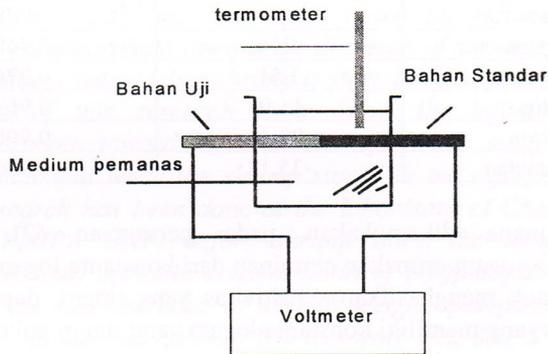
**METODE PENELITIAN**

Bahan uji standar yang dianalisis adalah Platina murni, dengan rapat massa 11,88 g/cc dan sampelnya logam-logam yang terdiri dari unsur dan campuran, dengan karakteristik fisisnya seperti dalam Tabel 1 berikut (Halliday- David Resnick, 1986)

Tabel 1. Rapat Massa Bahan Sampel

| Bahan Uji/ Sampel |            |                     |
|-------------------|------------|---------------------|
| No                | Nama Bahan | Rapat Massa ( g/cc) |
| 1.                | Emas       | 11,70               |
| 2.                | Perak      | 10,55               |
| 3.                | Nikelin    | 8,90                |
| 4.                | Tembaga    | 8,94                |
| 5.                | Nichrom    | 9,76                |
| 6.                | Constantan | 19,40               |
| 7.                | Alumunium  | 2,72                |
| 8.                | Baja       | 8,90                |
| 9.                | Tungsten   | 11,43               |
| 10.               | Wolfram    | 10,76               |

Variabel yang diamati adalah besaran Beda Potensial (V) dan Temperatur (T). Instrumen untuk Beda Potensial : Voltmeter Digital Merek SANWA, Type XC. 10948, dengan tingkat ketelitian  $0,05 \mu\text{V}$  ; dan instrumen untuk Temperatur : Termometer Digital Merek General Elektrik, Type Q-246X. Dengan tingkat ketelitian  $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ . Medium Pemanasnya digunakan minyak pelumas SAE 40-50. Diagram percobaan dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Percobaan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis diperoleh hasil seperti tampak dalam Tabel 2, dimana baja memiliki konstanta logam positif terbesar, sedangkan konstantan memberikan sensitivitas yang bernilai negatif. Pengujian Linieritas hubungan potensial dengan temperturnya adalah dengan menghitung koefisiennya, yaitu harga  $R^2$  keseluruhan bahan uji menunjukkan koefisien yang hampir sama, kecuali nikchrom yang menunjukkan linieritas yang tinggi. Namun demikian, ditinjau dari sensitivitasnya, bahan ini menunjukkan harga yang relatif kecil. Dengan demikian, bahan yang menunjukkan kualitas yang baik untuk digunakan sebagai bahan termoelemen adalah baja.

Tabel 2. Sensitivitas dan Koefisien Linieritas Sistem Kopel

| Besaran Hasil Analisis Data Kopel Bahan Uji VS Platina |            |  |                                   |
|--|------------|--|-----------------------------------|
| No   | Bahan Uji  | Sensitivitas<br>( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) | Koefisien Linieritas<br>( $R^2$ ) |
| 1.   | Baja       | 18,50  | 0,989                             |
| 2.   | Wolfram    | 7,55   | 0,955                             |
| 3.   | Tembaga    | 6,77   | 0,967                             |
| 4.   | Perak      | 6,52   | 0,978                             |
| 5.   | Emas       | 6,50   | 0,988                             |
| 6.   | Tungsten   | 4,54   | 0,948                             |
| 7.   | Aluminium  | 3,51   | 0,976                             |
| 8.   | Nikelin    | -15,05   | 0,969                             |
| 9.   | Nichrom    | -22,43   | 0,998                             |
| 10   | Constantan | -35,12   | 0,986                             |

Sebagaimana dikemukakan pada persamaan (2), sensitivitas sesungguhnya juga merupakan cerminan dari konstanta logamnya. Dengan demikian untuk menghasilkan sensitivitas yang tinggi, dapat digunakan bahan-bahan yang memiliki konstanta logam yang tinggi pula.

## SIMPULAN

Pasangan sistem kopel yang baik adalah pasangan Platina-Baja, dengan gradien kemiringan  $18,50 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , Koefisien linieritasnya sebesar 0,989 dan koefisien sensitivitasnya 18,50. Hasil-hasil tersebut menginformasikan bahwa pasangan Platina-Baja merupakan bahan termokopel yang paling baik diantara bahan-bahan uji (sampel) yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, B., (1985), **Fisika Modern**, Erlangga, Jakarta.
- Guntur, M., (1995), **Dasar-Dasar Teknik Pengukuran Listrik dan Magnet**, UGM, Yogyakarta.
- Halliday & David R., (1986). **Fisika II**, Erlangga, Jakarta.
- Reitz & Millford, (1961), **Electricity And Magnetism**, Addison Wesley, Publ.Comp.Inc. New York City. USA.
- Sears & Zemansky, (1984), **Fisika Universitas II, III**, Bina Cipta, Jakarta.